

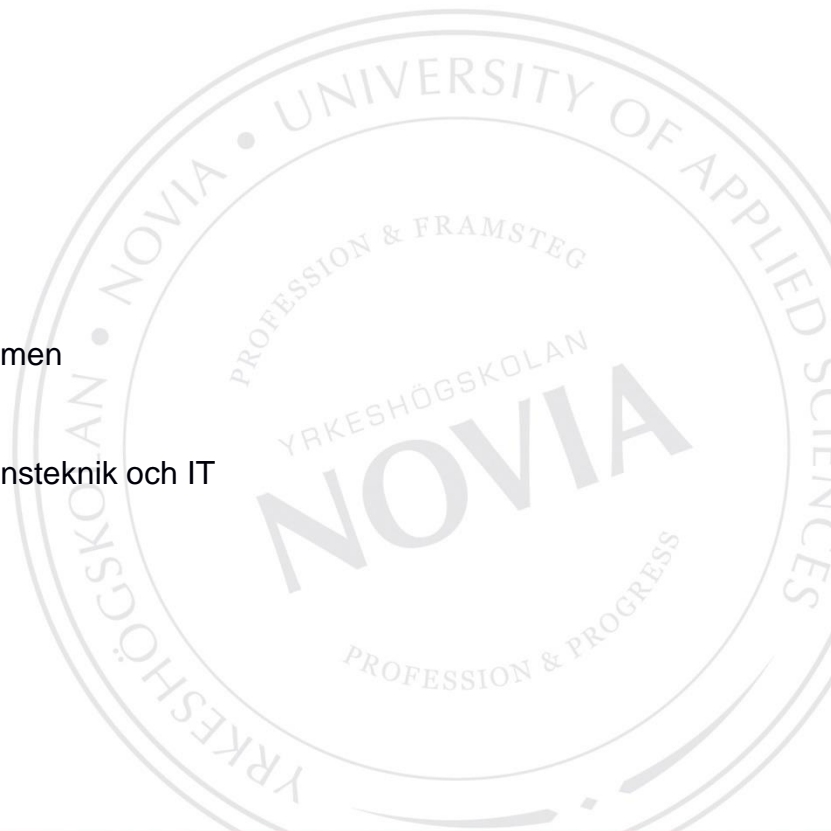
Produktivitetsutveckling på CNC- bearbetningslinjen på Nordic Aluminium

Matias Juvonen

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT

Raseborg 2014



EXAMENSARBETE

Författare: Matias Juvonen
Utbildningsprogram, ort: Automationsteknik och IT, Raseborg
Inriktningsalternativ/Fördjupning: Datorstödd tillverkning
Handledare: Håkan Bjurström

Titel: Produktivitetsutveckling på CNC-bearbetningslinjen på Nordic Aluminium

Datum: 23.05.2014 Sidantal: 28 Bilagor: 0

Sammanfattning

Mitt examensarbete beskriver min praktikperiod på Nordic Aluminium, ett företag som tillverkar aluminium profiler och komponenter bland annat till el-industrin i Finland. Jag jobbade på deras CNC-spånskärandebearbetningslinje i Kyrkslätt, där målet var att öka produktivitet på två produkter. I detta examensarbete beskrivs spånskärandebearbetning med tyngdpunkten på fräsning och olika modeller på maskiner. Även grunderna för CNC, produktivitet, Handtmann bearbetningsstation, CAD-modellering, CAD/CAM-program och aluminiumproduktion tas upp i arbetet.

Produktivitetsutvecklingen gjordes genom att öka produktionsmängden, optimera produktionsordningen, samt genom att minska verktygsbyten.

Testresultaten från produktionstiderna vid den första produkten var bra, men eftersom vi fick problem med fästning av stycket så avbröts testningen. Till andra produkten fick vi ett funktionerande program och bra ökning på produktionen i testskedet.

Språk: Svenska Nyckelord: Spånskärande bearbetning, CNC, Produktivitet

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Matias Juvonen

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Automationsteknik & IT, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Datorstödd tilverkning

Ohjaaja: Håkan Bjurström

Nimike: CNC-linjan tuotannon tehostaminen Nordic Aluminiumilla

Produktivitetsutveckling på CNC-bearbetningslinje på Nordic Aluminium

Päivämäärä:23.05.2014	Sivumäärä: 28	Liitteet: 0
-----------------------	---------------	-------------

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aihe on kahden tuotteen työstöaikojen tehostaminen CNC-työstölinjalla Nordic Aluminiumilla, yritys joka valmistaa alumiiniprofiileja ja muun muassa sähkötekniisiä osia Suomessa. Suoritin työharjoittelujakseni yrityksen Kirkkonummen tehtaalla. Työssä kerrotaan aluksi lastuavasta työstämisestä painopisteenä jysintä ja siitä, mitä eri konemalleja on olemassa. Muita työn aiheita ovat CNC:n perustiedot, tuottavuus, Handtmann-työstökoneet, CAD/CAM-ohjelmat ja alumiinin valmistus.

Tuotannon tehostaminen tehtiin siten, että lisättiin tuotantomäärää, säätämällä CNC-ohjelmien työstöjärjestyksiä ja vähentämällä työkaluvaihtoja.

Ensimmäisen tuotteen kohdalla saatiin positiivisia tuloksia testivaiheessa, mutta työstökappaleen kiinnittämisessä ilmeni ongelmia, joten testaaminen jouduttiin lopettamaan. Toisen tuotteen kohdalla saatiin toimiva ohjelma ja testivaiheen tulos näytti hyvältä.

Kieli: Ruotsi	Avainsanat: CNC, Tuottavuus, Lastuava työstäminen
---------------	---

BACHELOR'S THESIS

Author:	Matias Juvonen
Degree programme:	Automation & IT
Specialization:	Design & Manufacturing
Supervisor:	Håkan Bjurström

Title: Development of productivity on a CNC production line at Nordic Aluminium

Produktivitetsutveckling på CNC-bearbetningslinje på Nordic Aluminium

Date: 23 May 2014	Pages: 28	Appendices: 0
-------------------	-----------	---------------

Summary

This thesis refers to my work placement time in Nordic Aluminium, a manufacturer of aluminium profiles and electrotechnical components in Finland. I worked in the Kirkkonummi factory at the CNC-machining line on a project aimed at increasing the productivity on two products. In the theoretical part of the thesis, machining is described with an emphasis on cutting with mills, and different types of milling machines are presented. Furthermore, bases in CNC, productivity, Handtmann PBZ milling stations, CAD/CAM software and aluminium production are explained.

The development of productivity at Nordic Aluminium was done by increasing production, optimizing the CNC programs operation order and minimizing tool changes.

In the case of the first product, the testing results seemed promising but due to a problem with clamping of the raw material, the testing was discontinued. Regarding the second product, a functioning program was produced that gave an increase in the productivity of the product.

Language: Swedish	Key words: CNC, productivity, machining
-------------------	---

Innehåll

1	INLEDNING	1
1.1	PROBLEMFORMULERING	1
1.2	MÅL MED UPPDRAGET.....	2
2	SPÅNSKÄRANDE BEARBETNING.....	2
2.1	FRÄSNING	3
3	CNC (COMPUTERIZED NUMERICAL CONTROL)	4
4	PRODUKTIONSUTVECKLING OCH PRODUKTIVITET.....	7
4.1	LEAN.....	7
4.2	KVALITET.....	8
5	NORDIC ALUMINIUM.....	11
6	HANDTMANN PBZ NT BEARBETNINGSSTATION.....	11
6.1	FIXTURER.....	12
6.1.1	RADIO PROBING	13
7	CAD 2D- OCH 3D-MODELLERING	14
7.1	2D-RITNING	14
7.2	3D-MODELLERING	15
8	CAM-PROGRAM	15
8.1	OPUS	16
8.2	CAMQUIX	16
9	ALUMINIUM PRODUKTION PÅ NORDIC ALUMINIUM	18
9.1	ANODISERING	20
10	PROJEKTPRODUKTERNA	21
10.1	PRODUKT 1	21

10.2	PRODUKT 2.....	25
11	SLUTSATSER	27
12	KÄLLFÖRTECKNING.....	28

1 Inledning

Produktivitet- och produktionsutveckling är en av de viktigaste sakerna att ta i beaktande idag för tillverkande företag. Om man strävar efter bättre vinst på en produkt, med samma kvalitet och konstant efterfrågan, så är produktionstiden avgörande.

Variabler som inverkar på produkters kostnad är bland annat material, modellering, maskiner och verktyg. Men en stor andel av kostnaderna grundar sig på löner för arbetskraften. Enligt den principen så leder snabbare produktionstider till högre produktivitet.

Jag blev erbjuden att ta del i ett projekt under min praktikperiod i Nordic Aluminium för att utveckla produktiviteten på deras CNC-processlinje på två produkter som tillverkas i deras fabrik i Pickala.

Jag valde att utföra ett arbete om utveckling av produktivitet på en CNC-bearbetningslinje, eftersom jag har ett personligt intresse för produktutveckling och en viktig del av produktutvecklingen är själva produktionen. Produktutveckling och produktivitet går därmed hand i hand, eftersom man strävar till att tillverka en produkt som är lönsam. Jag anser att kunskapen som det här examensarbetet ger kan vara till stor nytta i mitt framtida yrke.

1.1 Problemformulering

Som de flesta produktionsföretag så har Nordic Aluminium sökt olika sätt att effektivisera sin produktion. Ett arbetsskede som fabriken ville försnabba var processtiderna på den spånskärande bearbetningslinjen. På hösten 2011 köptes och installerades två Handtmann PBZ NT CNC-fräsmaskiner som addition till de tre maskiner som de haft i flera år. Enligt deras forskning konstaterades att två operationsstationer behövdes för att kunna nå efterfrågan av leverans av produkter.

Före det här hade Nordic Aluminiums produktionschef Christian Eriksson i samband med CNC-linjens programplanerare börjat se på olika sätt att försnabba produktionstiderna som ett sidoprojekt. Ett sätt som de kom fram till var att i CNC-programmet flytta på operationer, minimera verktygsbyten och minska på onödiga operationer. Exempel på de sistnämnda är onödiga operationer som maskinen kör till en så kallad hemposition, vilket mjukvaran skriver som en standardrörelse eller för att den inte alltid fullständigt förstår geometrin på delen.

1.2 Mål med uppdraget

Mitt mål var att fortsätta på projektet som de på Nordic Aluminium påbörjat och försnabba deras spånskärande bearbetningslinjes CNC-maskiners produktion på två produkter med hjälp av CAD/CAM-mjukvara eller andra metoder.

Den önskade produktionsutvecklingen är att försnabba produktiveten på respektive produkter med ca 30 % från det när produkten har börjat tillverkas på respektive linje.

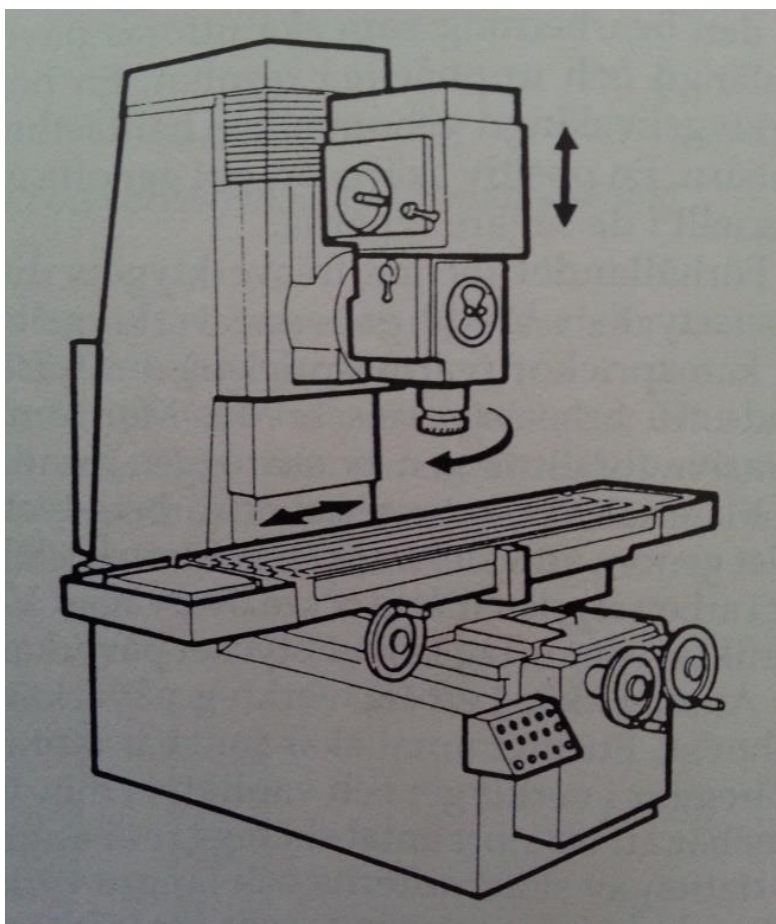
2 Spånskärande bearbetning

Spånskärande bearbetning är produktionsprocesser där man bearbetar en del eller produkt genom att ta bort material i spån tills man når önskad form eller storlek. Exempel på spånskärande bearbetningsmetoder är att svarva, fräsa eller borra. (Hågeryd, Björklund & Lenner, 1993, s 196)

2.1 Fräsning

Fräsning är ett mångsidigt sätt att bearbeta material. Man börjar med att fästa stycket som skall bearbetas på en bädd. Denna bädd, som även kallas bord, rör sig längs X- och Y-axlar. Överdelen av maskinen, som kallas spindeldockan, rör sig vertikalt, vilket kallas för Z-axeln. Bokstäverna X, Y och Z är koordinatsystem där X beskriver längden, Y beskriver bredden och Z beskriver höjden (figur 1).

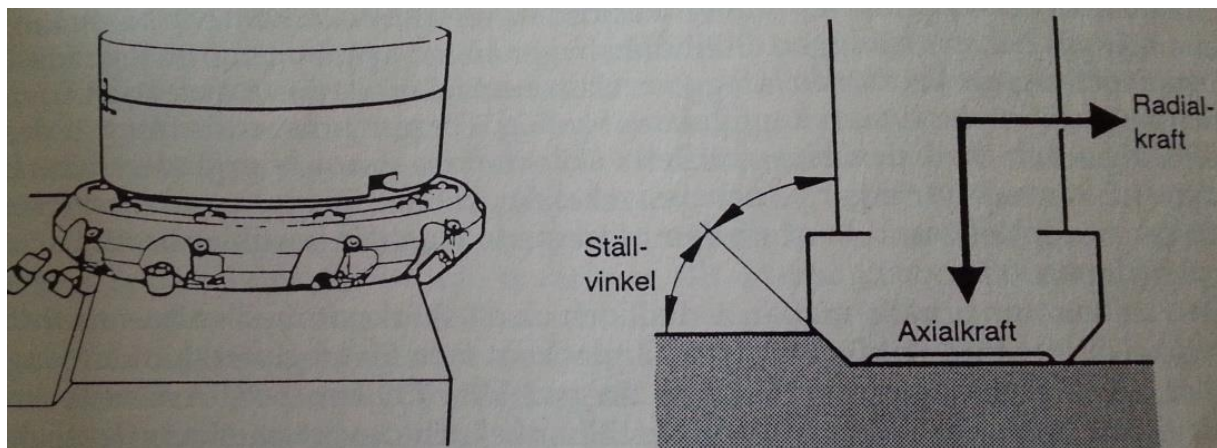
Den vanligaste manuella fräsmaskinen är en vertikal av bäddtyp (figur 1) för sin större användbarhet. Som påvisas i figur 1, så har man ett roterande skärverktyg fastspänt i en så kallad spindel under spindeldockan, där motorn samt växellådan ligger.



Figur 1 En bild på vertikalfräsmaskin med bädd där X -axeln är linjär med bädden, Y vinkelrätt och Z vertikalt. (Hågeryd & Björklund & Lenner, 1993,s 266)

En numerisk- eller CNC-styrd fräsmaskin kallas för en fleroperationsmaskin. Den är mer avancerad än den manuella fräsen. Ofta har maskinen ett fem-axlat system, vilket betyder att maskinen har fem leder som kan svänga. Med en sådan maskin kan man tillverka väldigt komplexa delar, eftersom man kan styra maskinen noggrant med så kallade CNC-kommandon.

Då man fräser har man ett verktyg eller brett fastspänt i en så kallad spindel som roterar. Med verktyget fräser man bort överflödigt material i spånor tills man har nått önskad form (figur 2). Med en fräs kan man göra många olika operationer med olika verktyg, till exempel plana med planfräs, hål med borrhett eller pinnfräsbett och gängor med gängtappar. (Hågeryd & Björklund & Lenner, 1993, s 244 - 267)



Figur 2 En exempelbild på fräsning. (Hågeryd & Björklund & Lenner, 1993,s 247)

3 CNC (Computerized Numerical Control)

CNC är en metod med vilken man styr till exempel en bearbetningsmaskin med kommandon kombinerade av tecken och numror. Dessa tecken kallas CNC-kod och är det mest använda sättet för att automatisera produktion. Om man exempelvis har en produkt som skall massproduceras med hjälp av en fräs, så måste en arbetare tillverka varje del och granska att varje del blir lika. Att få varje del precis lika är både svårt och tidskrävande.

Till skillnad från att använda en manuell maskin, så kan man använda sig av en CNC-fräs. Då gör man ett CNC-program som laddas upp till maskinens styrenhet och efter det så behövs enbart programmet startas och maskinen kör enligt kommandon som är skrivna i programmet.

Alla CNC-kommandon börjar med bokstav:

- N Blocknummer som kommer först på varje rad med funktioner t.ex. *N001 G01*
- M start och stopp funktion till spindel rotation medurs/moturs, skärvätska och programslut
- A, B, C och D är vridningsmått
- S Spindelvarvtal
- G Rörelsekommandon t.ex. *G00* snabbmatning till en viss punkt på XYZ som till exempel *G00* är rörelse med snabbmatning alltså maskinens högsta hastighet.
- X, Y och Z är koordinater
- T Verktogsnummer
- F Matning i mm/min och styrs av G kod

Exempelvis: *N002 G01 X15 Y25 F1000 M03*

Exemplet ovan visar ett kommando där maskinen rör sig med linjär förflyttning på X- och Y-koordinaten var verktyget förflyttar sig från sin förra position till X 15 och Y 25 med en matning på 1000 varv/minut. (Hågeryd & Björklund & Lenner, 2005, s 248 – 280)

Kodordens betydelse är samma för nästan alla maskiner med endast några avvikelser mellan olika tillverkare. G-koden är en förebyggande kod, alltså man bestämmer hur maskinen skall göra en rörelse eller operation. Som exempel, *G00* är ett snabbmatningskommando som man använder för att flytta sig från operation till operation på ett effektivt sätt.

En annan G-kod är *G01*, som är en linjär rörelse med matning. Detta kommando används vid planförsänkning eller borrar. När man fräser hål med ett mindre verktyg än hålets diameter, då använder man *G02* eller *G03*. Dessa kommandon är cirkulära rörelser. (Hågeryd & Björklund & Lenner, 2005, s 274 – 275)

M-koder är funktionskoder, vilka styr saker som spindel, programmet, skärvätskans flöde och verktygslåsning. Nästan varje CNC-program som skrivs har kodordet *M00*. Detta kodord betyder program-, spindel- och skärvätskestopp. Andra kommandon är *M03* som betyder spindelstart medurs och eftersom de flesta verktyg skär medurs så är den ofta använd. Kommandot *M04* betyder spindelstart moturs, vilket ofta används då man gör gängor med gängtapp. (Hågeryd & Björklund & Lenner, 2005, s 275)

CNC-teknik är en väldigt versatil metod att automatisera produktion och är därför använt i många olika maskiner. Man använder CNC-styrning bland annat för skärande bearbetning, så som till exempel laser-, vatten-, plasmaskärning eller skärbränning. Andra produktionsmaskiner som man vanligtvis brukar automatisera är svarvar och robotar. (Hågeryd & Björklund & Lenner, 2005, s 219 – 225)

Maskiner som är CNC-styrda har en styrenhet som kan skriva kod, eller hantera kod som blivit gjort med CAD/CAM-program. Ett exempel på en styrenhet är en Siemens Sinumerik 840D som Handtmann använder i sina PBZ NT maskiner. Styrenheter har kodord som är funktioner och istället för att skriva en lång kod kan man använda ett enda kommando. Ett exempel på ett kodord är "TCH", vilket är ett kommando för verktygsbyte. Här rör sig maskinen till positionen för verktygsbyte. Man har skrivit vilket verktyg maskinen skall byta till i koden och då gör maskinen verktygsbytet automatiskt.

En nackdel med CNC-styrda maskiner är att de är svåra att operera manuellt, eftersom de inte är designade för det. För att maskinen är så automatiserad så är den inte alltid nyttig i ett företag som bara tillverkar små eller inga serieproduktioner.

4 Produktionsutveckling och produktivitet

Produktionsutveckling finns det i dagens läge behov av i både nya och gamla företag. Om man vill grunda nya produktionssystem eller effektivera de gamla så finns det väldigt många olika metoder och sätt med vilka man kan närma sig problematiken för att utveckla produktionen. Om man till exempel ser på en bearbetningslinje så finns det många saker som inverkar på produktiviteten, så som bearbetningstid, kapacitet, fel kvot, arbetskraftskostnader och materialet i sig självt. (Bellgran & Säfsten, 2005, s 2-9, 136)

Idag finns det många mallar av produktionssystem, som till exempel Toyota produktionssystem. Därifrån grundades mycket populära metoder så som Lean och JIT (Just in time). Alla dessa metoder vill nå samma mål, vilket är att öka produktivitet genom att minska spill och minska kvalitetbrister.

4.1 Lean

Lean är en metod eller en företagsfilosofi som till stort sätt är uppbyggd på Toyota produktionssystemet. Med hjälp av Lean vill man öka produktivitet och värde på produkten och minska på förlust eller vad man i Lean kallar *muda*. Begrepp som diskuteras i metoden är värde, flöde och drag. Begreppet värde innebär vad värdet av produkten är för företaget och vad värdet är för kunden.

Det är från kundens perspektiv man jobbar på förbättring av produkten, alltså så att kunden ser produkten värdefull. Man strävar till att nå ett värde på en produkt som uppfyller företagets krav, varav man får kostnaden på produkten. Samtidigt bör man uppfylla kundens krav, vilket sätter produktens pris. (Womack & Jones, 2003, s 16-36)

Flöde är ett begrepp som man inom Lean använder för att beskriva flödet av produktionscykeln av råvaror och produkter inom företaget. Man skall enligt denna metod sträva till att kunna få ett jämt flöde av råvaror till alla delar av produktionen medan produktionsskeden skall flöda framåt. Med hjälp av att minska på

mellanförråd som väntar på nästa arbetsskede så minskar man samtidigt på förlusten.

Just in time eller JIT är en metod där man inom ett företag strävar till att hålla interna förråd minimala. Då slösar man inte på råvaror, eftersom man inte överproducerar delar och man sparar på kostnader för att inte behöva transportera delar från och till förrådet. Ett sätt att hålla ett ständigt flöde är att personalen skall veta alla skeden i produktionen och varför delen de producerar behövs. Det kräver också att arbetskraften kommunicerar sinsemellan så att alla vet vad som händer på vilken produktionslinje. Då alla har information från de andra linjerna minskar man på bakflödet, det vill säga att delar går tillbaka till ett tidigare skede i produktionsflödet. I ett Lean företag är det inte nödvändigtvis lönsamt att inskaffa en stor automatiserad maskin för att utföra ett simpelt jobb, som kompenserar en eller flera arbetare. Då kan man falla i gropan genom att överkomplisera ett enkelt jobb, vilket är onödigt. (Womack & Jones, 2003, s 51-66)

Drag är ett begrepp som behandlar efterfrågan av produkter. Detta betyder att man inte skall överproducera produkter om efterfrågan inte är bra, eftersom man slösar tid på produktionen och produkter kan stå länge i förråd. Om produkten stått länge i förvaring så säljs den ofta på rabatt, vilket ger lägre vinst. Detta är fallet om man till exempel har kommit med en ny version av produkten och behöver förvaringsutrymmet till det.

4.2 Kvalitet

Kvaliteten på en produkt definieras som tillfredsställelse av och överträffande av kraven för produkten, då man diskuterar en färdig produkt. Kvalitet på produkter och produktivitet eller kostnad sågs tidigare som motsatser, alltså om man har hög kvalitet då lider produktiviteten. Om detta var sant så skulle det betyda att då man vill ha hög kvalitet på produkten, så tar det längre att tillverka den. Nuförtiden vill man sträva till att börja med kvaliteten av produkten, varefter man förbättrar produktionsprocessen. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 60-61)

Man pratade också tidigare om "*kvalitetskostnader*", alltså att ha en optimal kvalitet. Då hade man en övre gräns för produktens kvalitet och all utveckling över den gränsen var olönsam. Man ville hitta en balanserad fördelning mellan kostnader för fel och "*förebyggande kvalitetskostnader*". Det finns många olika faktorer som gör kostnader för förebyggande arbete för kvalitet, som till exempel införing av kvalitetssystem och utveckling av personal. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 62 – 63)

Nuförtiden, fastän man vet att investeringar för förebyggande arbete kostar, är det brister i kvaliteten som blir dyrare. Om det tillverkas produkter som inte kan säljas tack vare brister i kvaliteten inom produktionen, så måste företaget ändå betala för arbetskraft, maskinens operation, slitage av verktyg och material. Man bör undvika att leverera produkter med kvalitetsbrister åt kunden, eftersom man då kan förlora kundens förtroende. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 63 – 65)

Man har istället för begreppet "*kvalitetskostnad*" börjat använda begreppet "*kvalitetsbristkostnad*". Att identifiera brister är viktigt för företag, men de måste även hitta en lösning för att minska brister. Ett exempel på att reducera fel är att implementera ett produktionssystem, standarder och utbildning av personal. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 66)

Six Sigma är ett exempel på ett förbättringsprogram som har visat sig vara ett effektivt sätt att minska på variation och öka vinsten på produktionen. Namnet kommer från den grekiska bokstaven "*sigma*", alltså σ , och är beteckningen för standardavvikelse. När man har en tillverkningsprocess som är massproducerad så skall genomsnittsvärdet i Six Sigma vara sex gånger standardavvikelsen till övre och nedre toleransvärdet. Man har störningar och variationer i processer och om störningen är högst 1,5 gånger standardavvikelsens målvärde så är den duglig. Det betyder att toleransgränsen är inom $4,5 \sigma$. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 546-548)

Sex Sigma bygger på att man börjar med förbättringsarbetet "identifiera problemet, mät, analysera, förbättra och övervaka". Förbättringsarbetet leder till en förbättringscykel som kallas "planera-gör-studera-lär". För att man skall kunna utföra förbättringsarbetet krävs det att ledningen och personalen som styr produktionen har en Sex Sigma-utbildning och kan hantera dess verktyg, som till exempel de sju förbättringsverktygen. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 549-550)

De sju förbättringsverktygen är verktyg och metoder som används för att samla in och analysera data för att förbättra kvalitet. Man börjar en förbättringsprocess med datainsamling. I den här fasen dokumenterar man hela produktionen för en viss tid eller mängd. Både felaktiga och bra produkter skrivs ner. Efter att man har all data som krävs så kan man analysera data. Man börjar ofta med histogram. Då sorterar man data i olika områden, som till exempel mått, tid eller antal fel per viss tid. Ett verktyg för analysering av defekta produkter är ett paretodiagram. I detta diagram kategoriseras orsakerna till kvalitetsbrister, alltså hur många produkter som har vilka fel och hur stor procenten av den totala mängden felaktiga produkter är. Då man vet vilken den största kvalitetbristen är kan man börja analysera orsakerna till problemet. Man kan använda sig av orsak-verkan-diagram för att dokumentera orsakerna till felet i produkten. Man bör noggrant definiera kvalitetsbristen och granska varje skede av produktionen för att hitta var problemet ligger, varefter problemet kan åtgärdas. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 219-231)

Om man till exempel har flera maskiner som tillverkar samma del så kan man göra en uppdelning av data. Då man delar upp data per maskin och jämför om någon viss maskin ger mera defekter än de andra så har man koncentrerat problemet. Om en uppdelning inte görs så kan man använda sig av ett sambandsdiagram. Om man har ett problem som beror på en variabel kan visuellt visa vilken påverkan problemet har på variationen i kvaliteten. Ett exempel på data som kunde samlas till ett sambandsdiagram är, om man har ett verktyg som slits, då kan kvalitetsbristen öka. För att bäst visa resultat från datainsamlingen som analyserats görs ett styrdiagram. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 232-235)

I ett styrdiagram finns en övre- och nedre styrgräns med funktion av tiden, till exempel toleransvärden för diametern på en axel och tiden på vilken man tillverkat viss mängd axlar. Data som samlas in är produktionens utsläpp som läggs in i styrdiagrammet. I styrdiagrammet kan man se hur många produkter som faller utanför styrgränserna och om variationen är linjär. (Bergman & Klefsjö, 2001, s 235-238)

5 Nordic Aluminium

Fabriken i Pickala grundades år 1962 med namnet Suomen kaapelitehdas Oy och de började tillverka aluminiumprodukter. De producerade aluminiumprofilprodukter från gjutning av pressgöten, som far igenom en strängpresslinje där man strängpressar profiler av pressgöte (figur 3).



Figur 3 Bild på aluminiumprofiler från Nordic Aluminium Oy:s reklam. (www.nordicaluminium.fi, 2014)

Nordic Aluminium tillverkar aluminiumprofiler, men de har också olika bearbetningslinjer, så som spånskärande bearbetning, anodisering och måleri. Majoriteten av deras produktion består av kontaktskenor för belysning, kabelstegar, armaturskenor och kabelkanaler.

6 Handtmann PBZ NT bearbetningsstation

Handtmann är ett företag från Tyskland som till största del tillverkar olika automationsmaskiner för livsmedelsbranschen, men de tillverkar också CNC-bearbetningsmaskiner för metallindustrin.

Handtmanns PBZ NT (figur 4) är en CNC-fräs som kan arbeta på sex sidor av produkten med hjälp av ett fem-axlat system. Maskinen håller delar som är upp till 25 meter långa (maskinerna på Nordic Aluminium var 8 m). Den har ett revolverande verktygsmagasin med 36 platser och en plats för cirkelsågsbett, endera med 400 mm eller 500 mm i diametern.



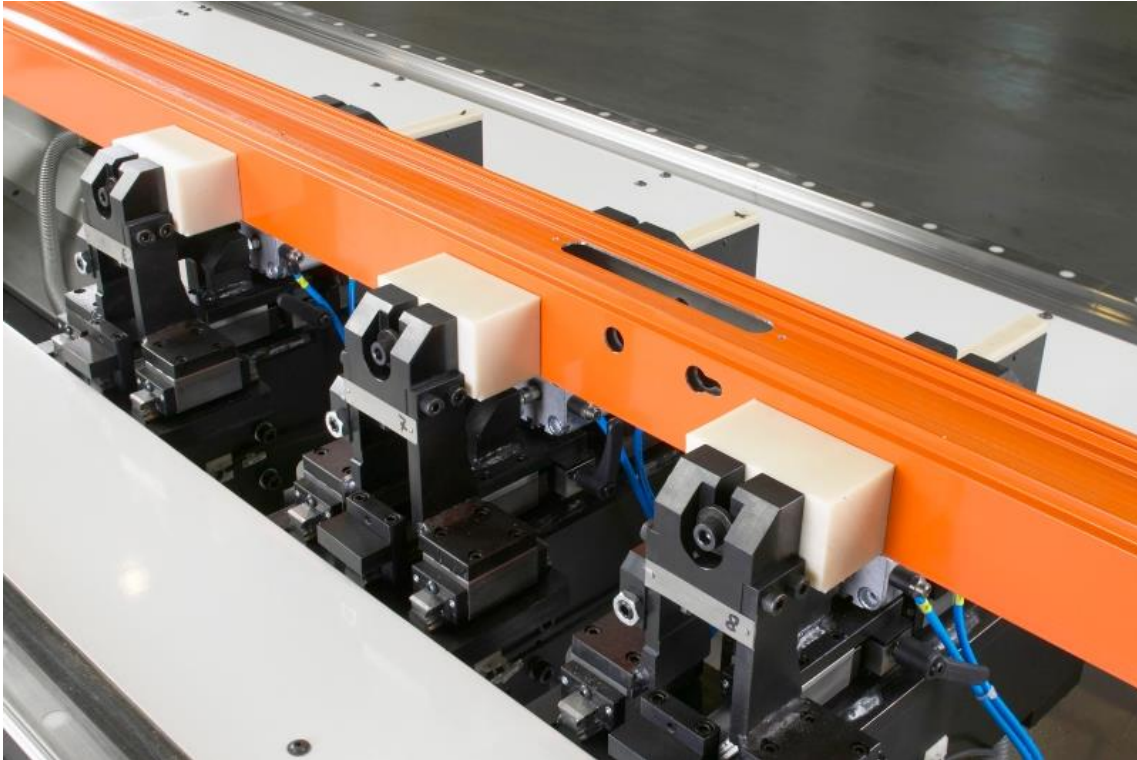
*Figur 4 Bild på en Handtmann PBZ NT. (Hämtad
www.handtmann.de, 2012)*

Spindeln är fast inne i stationen, där maskinen bearbetar stycket på Y- och Z-axeln. Profilen, som är fäst med käkar, löper fram och tillbaka på X-axeln på en lagrad skena.

6.1 Fixturer

Handtmann PBZ har vid fastmontering av arbetsstycket käkar, vilka man kan flytta från varandra fritt på X-axeln (figur 5). Dessa käkar är pneumatiskt rörliga både med ena eller båda käkarna. Vid längre stycken är det bättre att bägge sidorna är rörliga, eftersom långa profiler sällan är 100 % raka.

I figur 5 ser man hur plastblock kan fästas i metallfixturen. Plastblocken är utbytbara med en bult, eftersom man vanligtvis har unika block för olika profiler för att kunna optimera fästning av stycket och undvika deformation.



Figur 5 Bild på en Handtmann flerooperationsmaskins fixturer för fästning av arbetsstycket. (Hämtad www.engtechgroup.com)

Då båda delarna av käken är rörliga betyder det att fästning av stycket är flexibelt. Problemet med detta framkommer när arbetsstycket som skall bearbetas inte är rakt och man kör ett CNC-program. I det fallet får man inte den färdiga delen till rätt dimensioner utan korrigeringsverktyg.

6.1.1 Radio probning

Korrigeringsverktyget man ofta använder sig av kallas en radio probe, vilket vid flexibla fixturer är ett av de viktigaste verktyg som man har i verktygsmagasinet. Radio probe är ett mätverktyg som är en radiosond, som



Figur 6 Ett exempel på hur en radio probe kan se ut. (hämtad <http://www.directindustry.com/>)

man i ett CAM-program gör funktioner på bestämda platser så att maskinen kör emot stycket med verktyget. Efter att maskinen har kört igenom alla punkter man har gett så räknar den korrigeringar till måtten man gjort i programmet, så att varje del varje gång blir rätt. Detta är ett väldigt viktigt verktyg när det kommer till bearbetning av pressade profiler, eftersom profiler kan vara deformerade tack vare krympning eller annan orsak, medan det i programmeringen tas förgivet att delen är optimal.

Radio probe kan göra korrigeringar i Z-axeln och Y-axeln, medan korrigeringar på X-axeln ofta görs med ett laseröga utgående ifrån nollstället för stycket.

7 CAD 2D- och 3D-modellering

CAD (Computer-aided design) mjukvara används som ett effektivt verktyg. Den har blivit en nödvändighet inom all produktion. CAD-program är en modelleringsmjukvara som används för att planera en del eller en produkt på en dator. Dessa program har blivit utvecklade för att effektivisera planerarnas produktion av tekniska ritningar.

Det är möjligt att modellera olika delar på två olika sätt, endera 2D eller 3D. Det finns många mjukvaror som är till för att planera produkter på datorer, som till exempel Autodesk Inventor, AutoCad, Solidworks och Vertex G4.

7.1 2D-ritning

Den traditionella metoden för att planera produkter är att tillverka 2D-ritningar. De används inom produktionen för att definiera till personen som tillverkar produkten dess form, dimensioner och andra detaljer av produkten.

2D-ritningar av profilers tvärsnitt kan även användas till att tillföra andra program, så som CAM-program för att få formen av profilen och sedan ange längden av stycket, varefter operationer bearbetas.

Ett vanligt program som används till att producera ritningar är Autodesk AutoCAD, vilket har funnits sedan år 1982. Tack vare dess långa utveckling är AutoCAD ett av de mest användarvänliga CAD-programmen idag.

7.2 3D-modellering

Inom produktdesign är 3D-modellering i dagens läge en viktig fas i planering av produkter. Med ett 3D CAD-program, till exempel Autodesk Inventor, kan man designa produkten på datorn i sin fullständiga form. 3D-program har blivit ett av de viktigaste verktygen inom produktutvecklingen tack vare att det är billigare att göra en produkt på datorn än att göra den på riktigt.

3D-filerna man får från programmet kan inte bara användas i planeringsfasen, utan också i produktionsfasen genom att exportera filen till ett CAM-program.

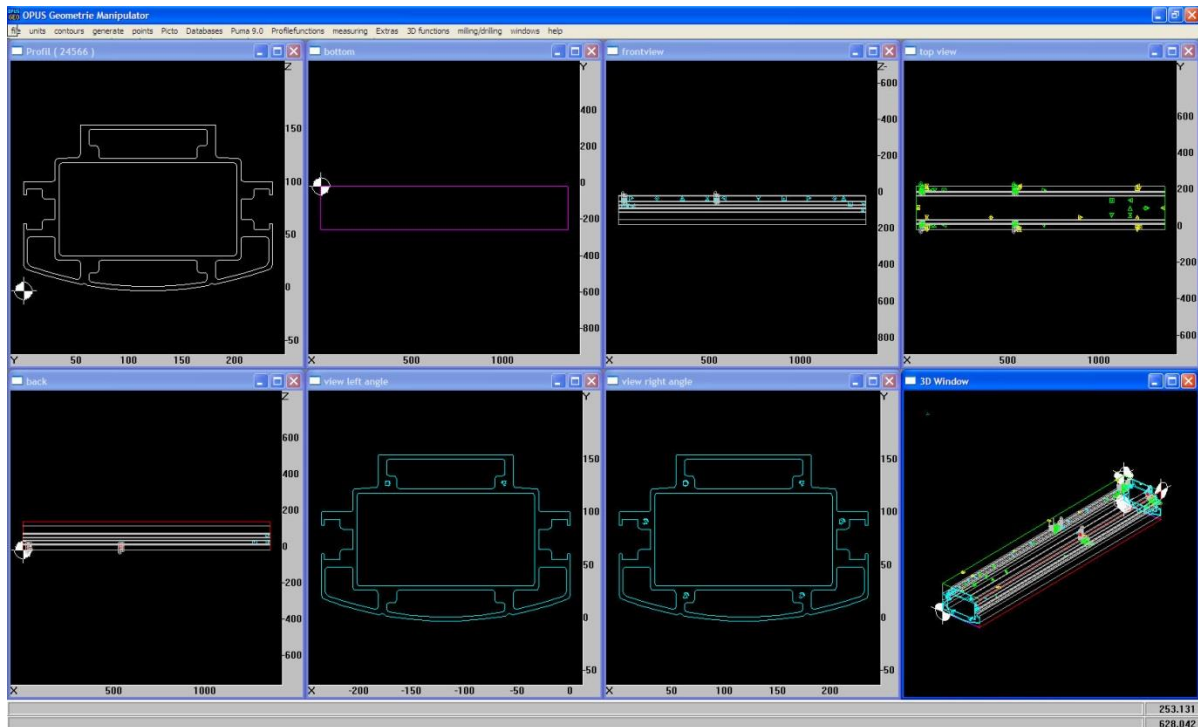
Ett av det vanligaste 3D-modelleringsprogrammen är Autodesk Inventor. Det är populärt på grund av sin användarvänlighet. Inventor är utvecklat för mekanisk design. Man modellerar produkten visuellt på datorn med alla delar och komponenter. Programmet har en funktion till som kallas för stresstest analysis, med vilken man kan testa produktens hållfasthet och testa olika material, så som plaster, metaller och trä.

8 CAM-program

CAM-program är mjukvaror där man från en 2D eller 3D CAD-modell till exempel kan forma en profil till önskad form och storlek, varefter mjukvaran skriver över dessa till NC-kod för en CNC-maskin.

8.1 OPUS

OPUS är en tysk mjukvarutillverkare som specialiserar sig på CAM-program. I Nordic Aluminium användes en äldre version av OPUS som var en så kallad 2,5D. 2,5D är ingen officiell benämning på mjukvaran som fungerade på 2D plan (figur 7).

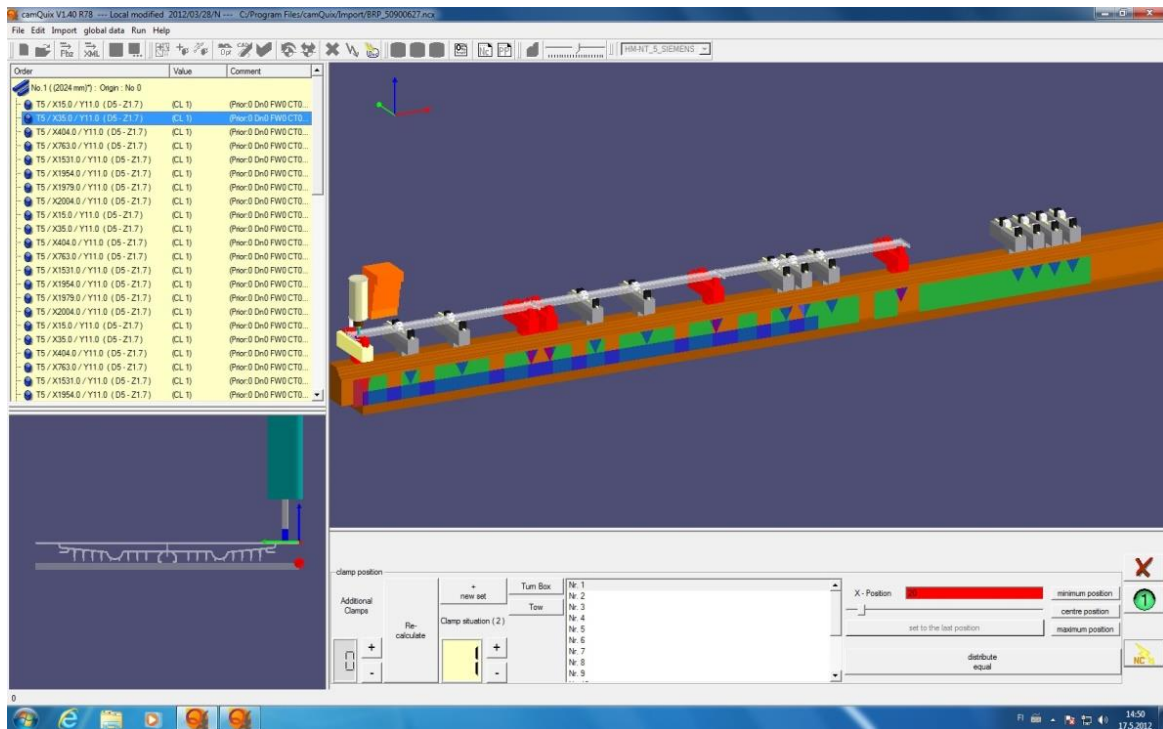


Figur 7 OPUS CAM-programmets huvudruta. (Skärmdump, OPUS, 2011)

I de olika rutorna som syns i figur 7 jobbar man i 2D XY-, XZ- eller YZ-planen. I dessa plan kan det göras olika operationer, så som gänga, borra, plana och fräsa ut runda eller rektangulära hål.

8.2 CamQuix

CamQuix är en CAD/CAM-program tillverkat av CamProx, som är ett tyskt mjukvaruföretag specialiserat på CAM-program. CamQuix är ett fullständigt tredimensionellt program designat för CNC-fleroperationsmaskiner (figur 8).



Figur 8 En bild av CamQuix CAD/CAM-program med CNC-postprocessor. (Skärmdump, CamQuix, 2011)

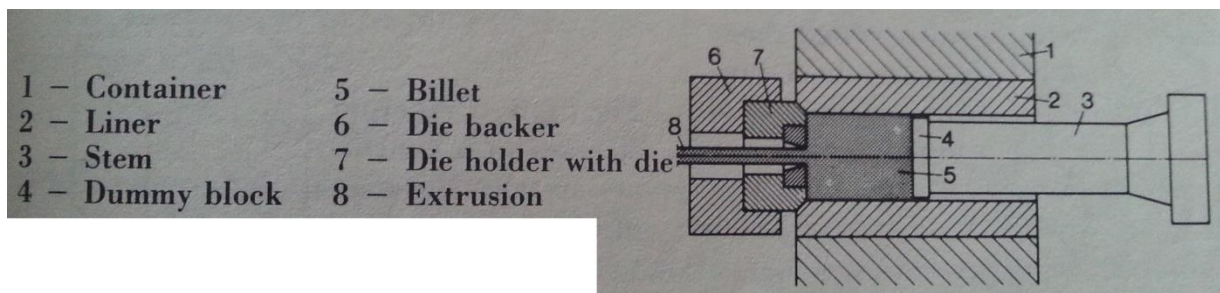
Det finns några olika sätt att börja ett program med denna mjukvara. Man kan importera en 3D-fil, till exempel i .stp-filformat där man har alla former och operationer som skall utföras. I detta fall så är CamQuix automatiskt och känner igen hur profilen ser ut. Efter det analyserar mjukvaran vad som är hål som går att borrar och vad som fräses eller gängas och så vidare. Problemet med denna metod uppstår om man har en mer komplex form, för då hanterar CamQuix dem fel så att man hamnar rätta den manuellt.

Om man jobbar med en profil så behöver man ett .dxf-filformat med en profiltbild som man importerar. Efter det gör man operationerna manuellt med funktioner som finns i mjukvaran.

9 Aluminium produktion på Nordic Aluminium

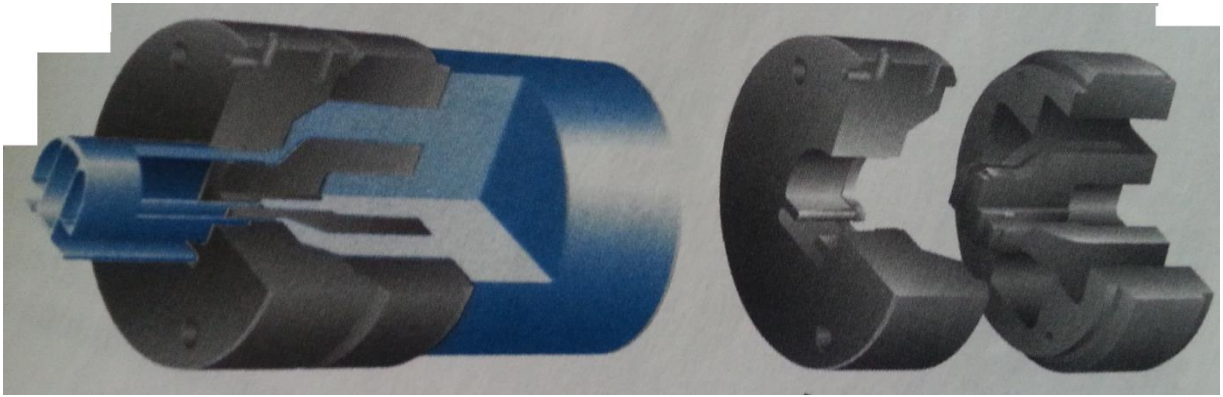
Produktionen av aluminiumprofil sker i flera olika skeden som börjar med produktion av halvfabrikat, i det här fallet pressgöten, som blir gjutna till en rund axel. Pressgöten värmebehandlas efter detta, vilket kallas för homogenisering. Härefter skickas pressgöten till produktionen av profil, vilket kallas för strängpressning. (Mattson, 2001 & s 45-56)

Stängpressning med en press (figur 11) är en deformationprocess var man formar om göten till profiler. Man kapar ett förvämt göte så att det passar i pressen. Sedan kör man in den i en varm (mellan 300 och 600 °C) container, varefter man pressar hydrauliskt det varma götet igenom en matris (figur 9). (Laue & Stenger, 1976, s 1-50,123-128)



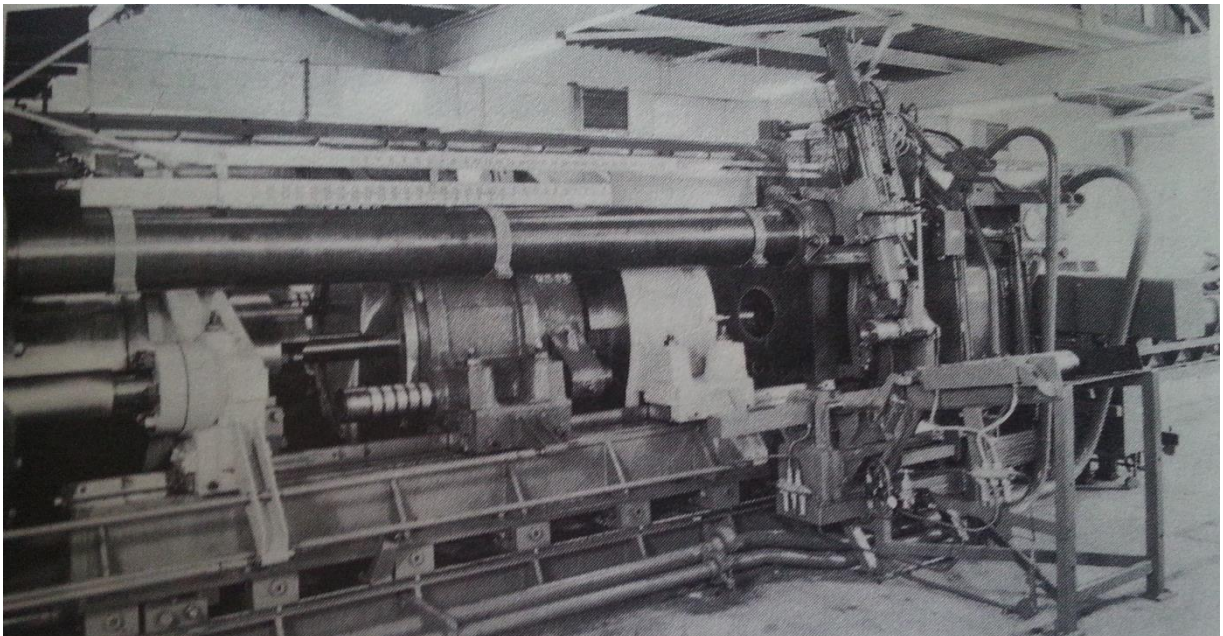
Figur 9 Bild på strängpressningsprocess där 1 är container, 2 är boet, 3 är stämpel, 4 är ändan till stämpeln, 5 är aluminiumämnets göte, 6 är verktygshållare, 7 är matrisen och 8 är profilen. (Laue, Stenger, 1976, s 1)

En matris är ett verktyg som är specialtillverkat för varje profil. Det vanliga verktyget är en fast profil som vinkelprofil. Mer komplexa profiler har flerdelade matriser där yttre delen kallas för dynan och inre delen för kärnan. (figur 10). (Mattson, 2001, s 57)



Figur 10 Bild på ett aluminium hålverktyg. På bilden syns dynan och kärndelen som går in i varandra. (Mattson, 2001, s 57)

När profilen kommer ut från matrisen tas den emot av en så kallad puller som klämmer fast i ändan av profilen och drar den på samma gång som stämpeln pressar igenom metallen för att hålla den från att bli till exempel vågig. När profilen är pressad så sätts den i en sträckningsmaskin som drar profilen, varefter den sågas. Profilen föråldras i en föråldringsugn. (Laue & Stenger, 1976, s 261-267)



Figur 11 En bild på hur en strängpressmaskin kan se ut. (Laue, Stenger, 1976, s 293)

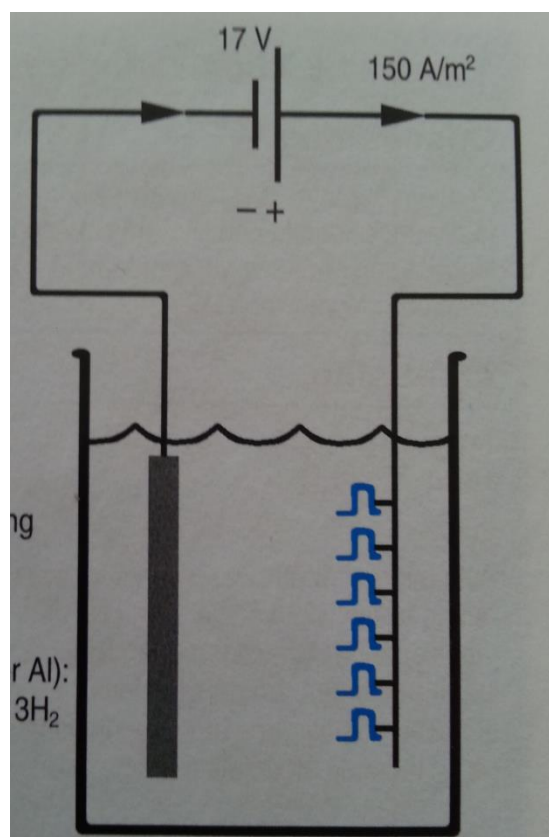
Efter dessa skeden av produktionen kommer profilerna till diverse bearbetningsskeden så som sågning, stansning, fräsning, borrar eller svetsning. När produkterna har bearbetats far de oftast till behandling, så som anodisering eller målning.

9.1 Anodisering

Anodisering är den vanligaste elektrolytiska ytbehandlingsprocessen där man förstärker oxidytan på aluminium. Det finns flera olika orsaker till varför man skall anodisera en aluminium produkt:

- Skydd mot korrosion
- Metallen ändrar inte färg efter tid
- Elektrisk isolering
- Slithållbarhet i ytan
- Hårdhet
- Temperaturlågheten ökar

Anodisering fungerar så att man har en anod som är den delen som skall behandlas och en katod. Som katod används ofta aluminium eller bly. De är nersänkta i en syra, vanligtvis svavelsyra, vilken fungerar som en elektrolyt. Anoden och katoden är kopplade till en likströmkrets (figur 12).



Beroende på vilka syror man använder kan man få olika färger och egenskaper till ytan.

Figur 12 En bild på anodiseringsprocess där biten till vänster är katoden och till höger är anoden i svavelsyra.

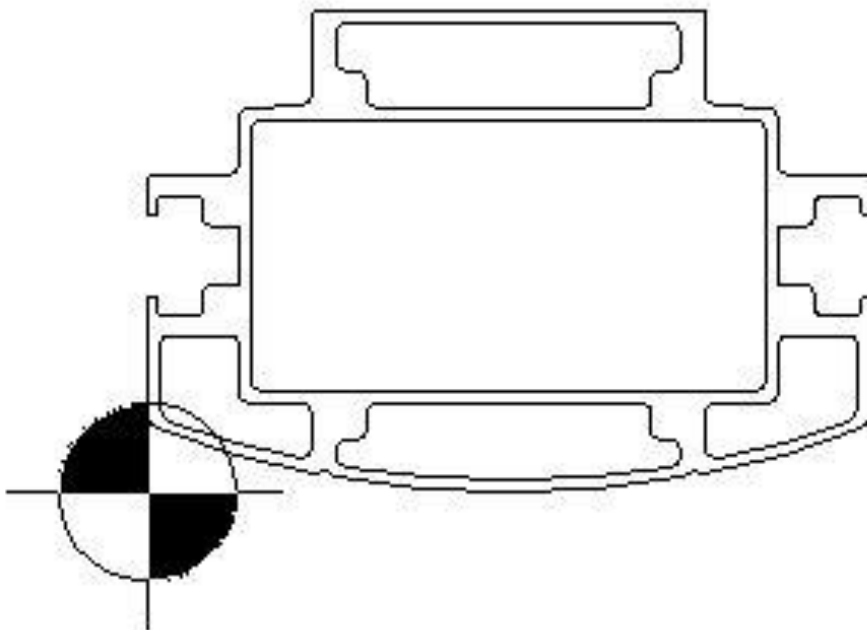
Sedan eftertätas oxidskiktet oftast i hett vatten, där man kan tillsätta olika ämnen, så som nickelacetat. (Mattson, 2001, s 252-278)

10 Projektprodukterna

Två produkter i Nordic Aluminium valdes till projektprodukter för att försöka försnabba produktionen. Den ena produkten var en del till en medicinsk apparat. Den andra produkten var en kylare för en modells snöskoter.

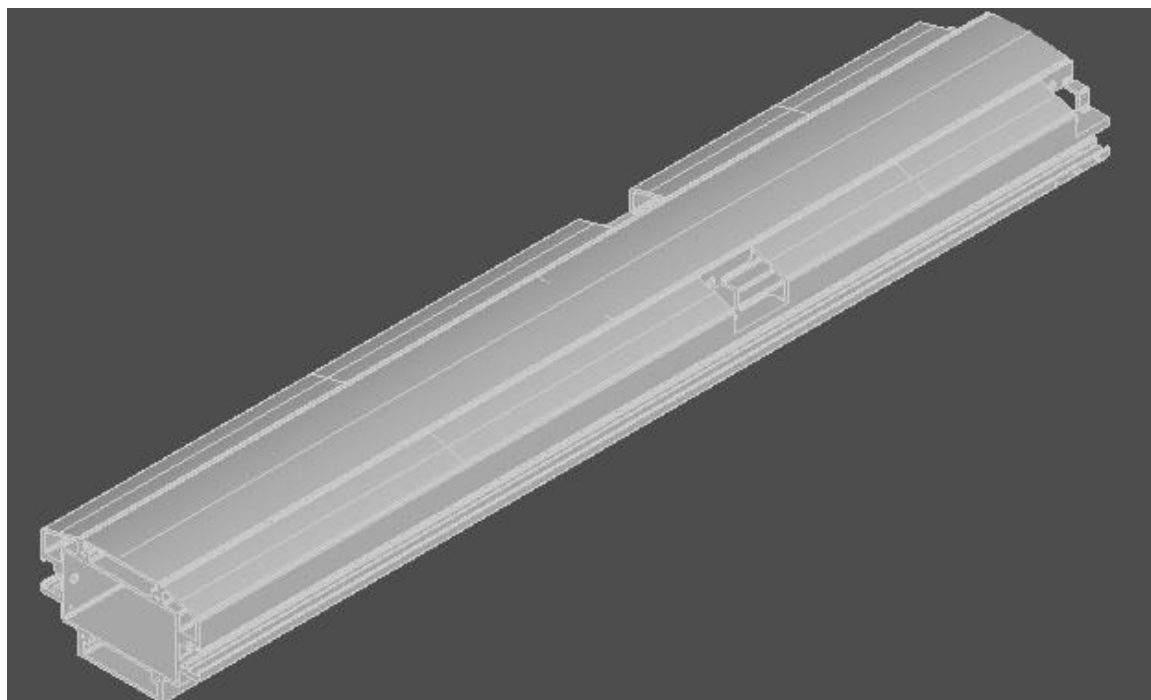
10.1 Produkt 1

Den första produkten (figur 13) var en del till ett företag som tillverkar medicinsk utrustning och en av de mest körd produkterna på Nordic Aluminiums CNC-linje. Av den orsaken var det viktigt att hitta på ett sätt att försnabba körtiden för den här produkten.



Figur 13 Profilbild på en del till medicinsk apparat. (.dxf bild, 2011)

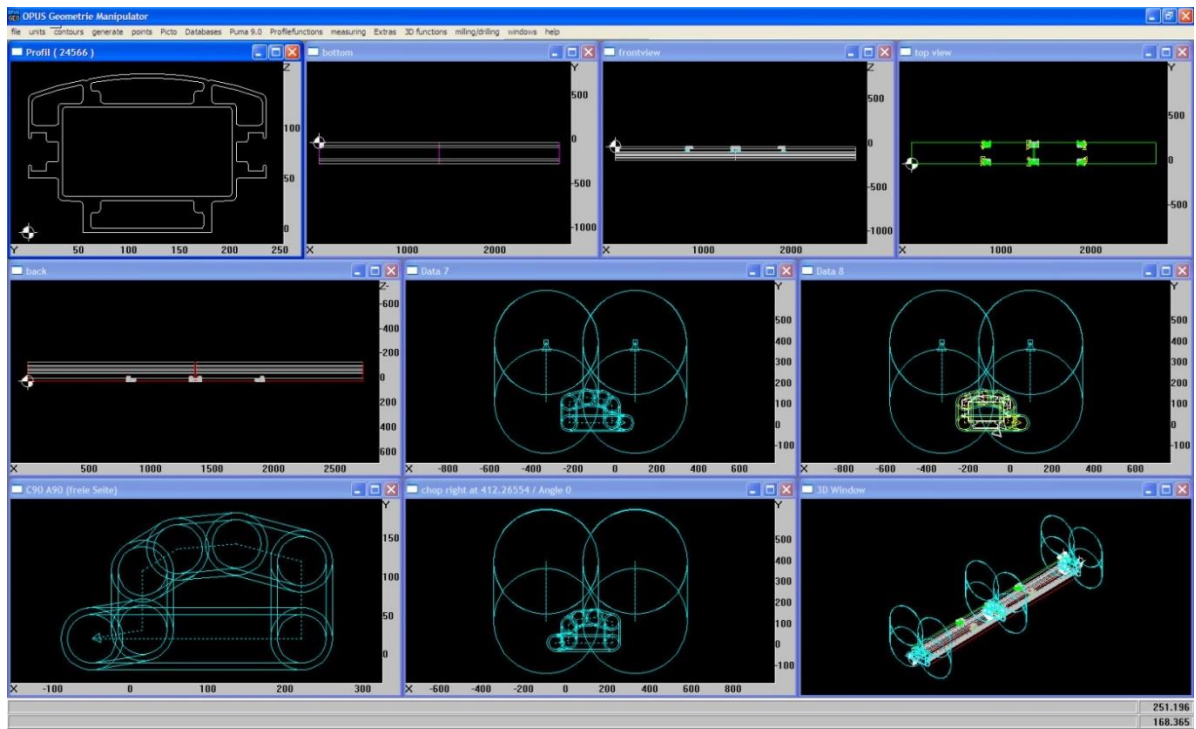
Ett annat problem med produkten var att toleranserna för den färdiga produkten var mindre än toleranserna på själva profilen när den kom från pressarna, vilket betydde att ett stycke då och då for till bearbetning och kördes då i onödan. Detta betydde att procenten av dåliga produkter var onödigt hög.



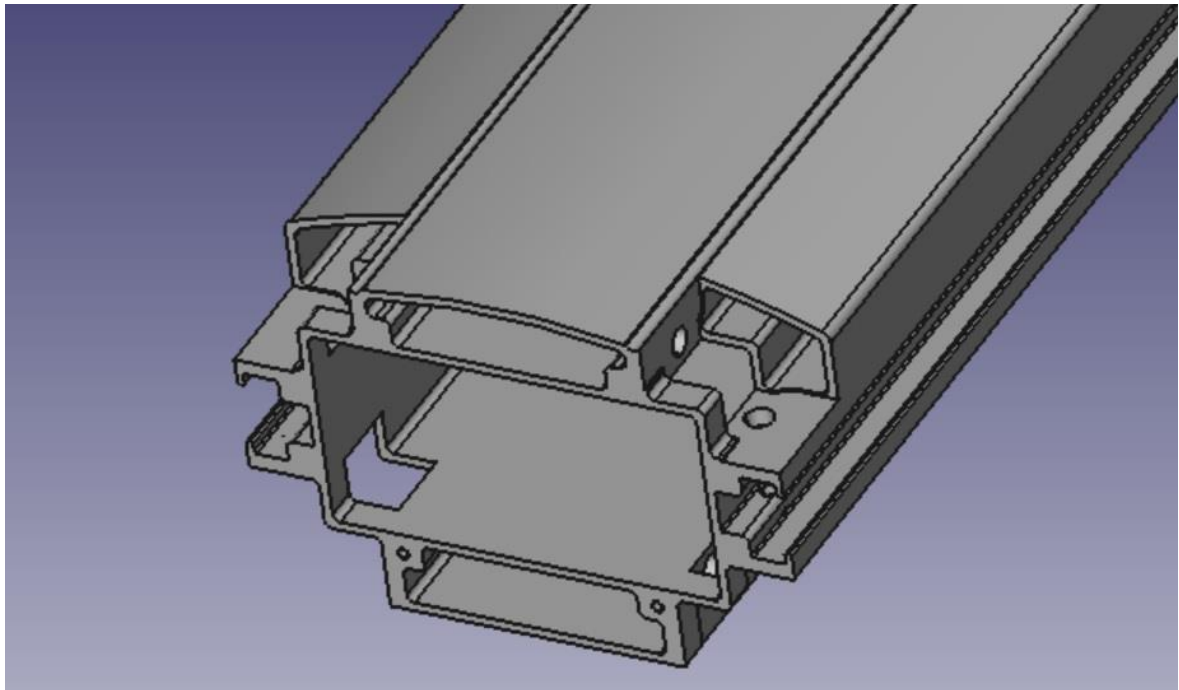
Figur 14 Isometrisk bild av en 3D-modell på den färdiga produkten. (Skärmdump, CamQuix, 2011)

Produkten har relativt komplex form och bearbetningen är långsam och måste köras också underifrån. Det betyder att man måste göra ett till program för svängsidan. Problemet började lösas genom att kontrollera produktionstiderna och hur mycket potential det fanns för förbättring.

Ett sätt att effektivisera, som även testades, var att före svängingen ha en längre blank bit. Då producerades två produkter på en gång så att de kördes som spegelbilder. Detta syns i figur 15 i rutan på övre radens högra hörn och operationen syns i figur 16.



Figur 15 OPUS bild på produkt 1. (skärmdump, 2011)



Figur 16 Bild på Produkt 1 ändan på den färdiga delen. (skärmdump Vertex G4 2011)

Genom att lägga operationerna mot varandra eliminerades helt och hållet sex stycken operationer för maskinen. För att få formen, som syns till höger i figur 9, kördes först uppifrån yttre skalet, sedan inre och efter detta kördes inre från sidorna. Sedan sågades delen för att nå korrekt längd, varefter programmet var slut.

Nästa steg var att vända biten för att kunna köra andra sidan och ena ändan (figur 16). Det var likt det gamla programmet, men en ändring var att hålen med gängor som kom i ena ändan på biten skulle göras i det här skedet istället för i det första. Efter det optimerades operationsordningen med OPUS programmets simulering till det snabbaste man fick.

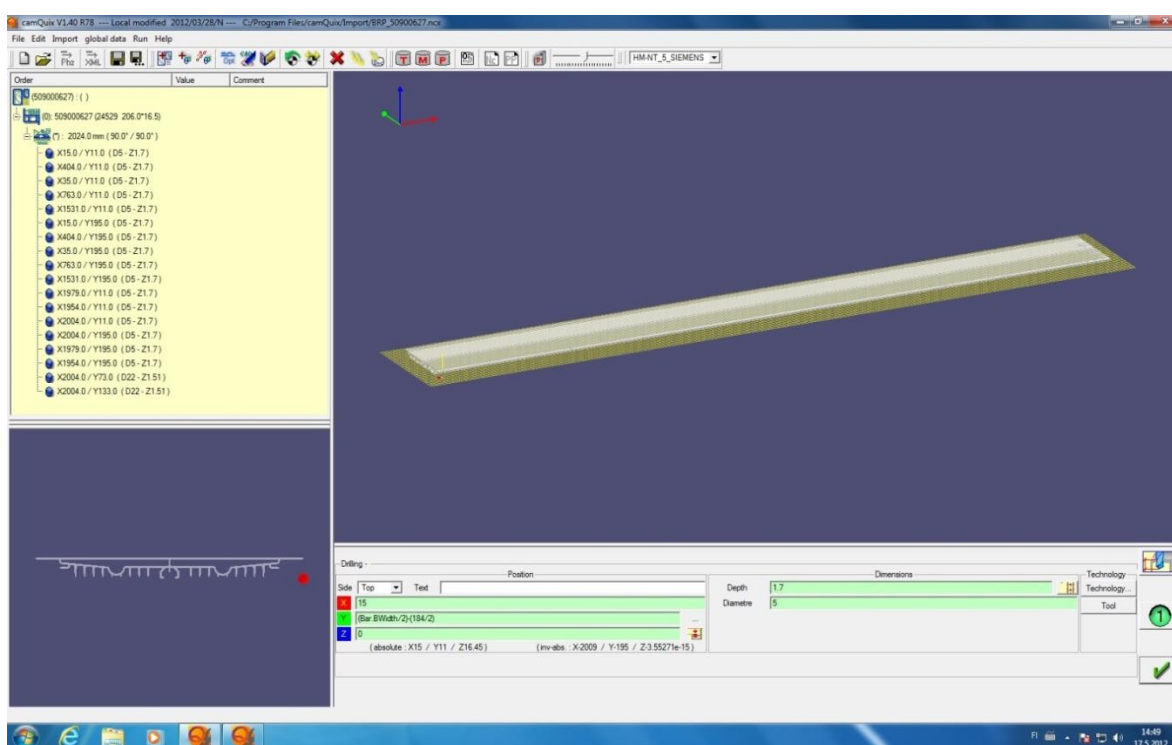
Efter första testerna kom vi fram till att ändringarna som gjordes ökade produktiviteten med 25 %, men ett oväntat problem uppstod. När man tillverkar en så stor profil som den här i profilpressen så kan det ske vridning i godset. Vridningen är så liten att den inte märks på ett kort stycke. En lång bit dock, som dubbla produkten och vridning har skett så går det inte alltid att fästa biten i maskinen.

Ett annat problem var att det kunde komma till bearbetningslinjen stycken som inte var inom toleranserna för kundens krav fastän de var inom toleranserna för profilproduktionen. Det löstes med noggrann granskning av styckena före de bearbetades. Vi testade också att göra många små ändringar till produktens CNC-program, bland annat ändra på körordningen och minska på verktygsbytena. Dessa ändringar gav oss en förbättring av 5 % på körtiden.

Problemet med vridningen blev inte löst tack vare tidsbrist, men man kunde ha studerat djupare i problemet för att eventuellt komma till en lösning.

10.2 Produkt 2

Snöskoterkylaren (figur 16) blev vald som en av utvecklingsprodukterna för att fabriken hade påbörjat denna effektiviseringsprocess redan tidigare. Det problematiska med denna produkt var att det fanns många olika längder och kylslangarnas platser var olika beroende på skotern. Kylaren som syns i figuren under är i bearbetningsstadie. Efter detta stadie bockas den i ena ändan så att den passar ovanför mattan på snöskotern.

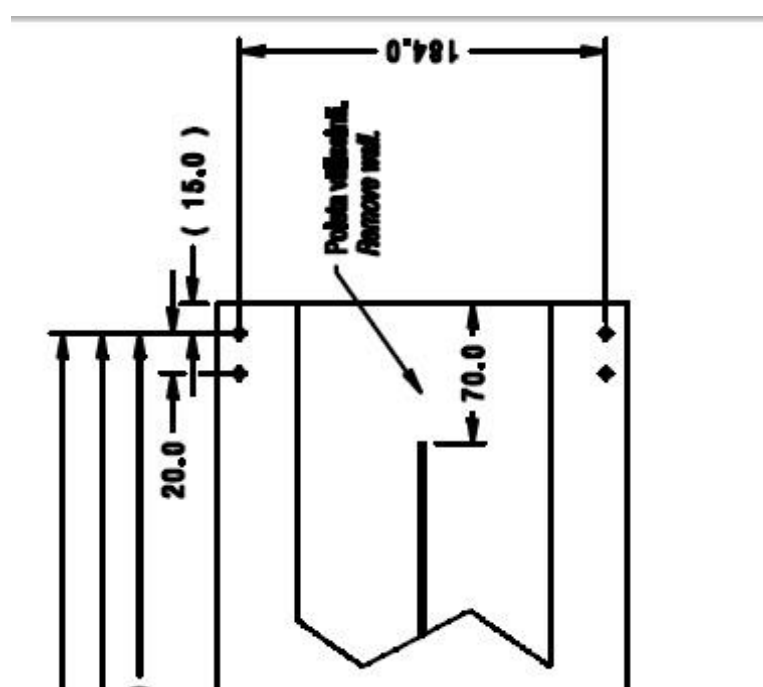


Figur 17 Bild på en kylare på CAM-programmet CamQuix. (Skärmdump, CamQuix, 2011)

Första problemet som löstes var att på ena ändan av produkten skulle det fräsas ut en bit från delaren (markerad med en pil på figur 17) för att vätskor skall kunna flöda mellan de två kammarna. Problemet med att fräsa en smal och lång bit var att det tog lång tid.

Lösningen till detta var att beställa en specialgjord handkörd pneumatisk stans som klippte eller stansade bort biten. Denna metod försnabbade processen med 27 % och möjliggjorde nästa del av utvecklingen

Den andra fasen var att öka mängden av delar som kördes på en gång. Tidigare kördes en del på en köra för att man måste köra fräsningen i ändbiten, men eftersom det nu gjordes separat så gick det att öka till tre delar per stycke.



Figur 18 En bild på ena ändan som tas bort med en speciell sax.
(Bild från .pdf från Nordic Aluminium)

Detta betydde att man sparade tid på byte av delen och på samma gång på tiden vid Nordic Aluminiums sågar, eftersom de kunde skicka längre profiler. Tack vare tidsbrist hann inte det slutliga resultatet av utvecklingen analyseras.

11 Slutsatser

Under min tid på Nordic Aluminium och deras CNC-linje fick jag en väldigt effektiv kurs i CNC-bearbetning och CAM-programmering, vilket med stor sannolikhet kommer att vara till nytta för mig i arbetslivet. Det var en värdefull erfarenhet att jobba på linjen till att börja med för att jag skulle lära mig använda maskinerna och förstå produktionsprocessen. Den enda beklagliga saken med projektet var tidsbristen som uppstod. Tidsbristen berodde bland annat på att produktionens tidtabeller skulle hålla med leveranser och därför kunde vi inte alltid testa program för att stationerna inte var till förfogande. Men det är ett fullständigt förståeligt problem.

Eftersom vi inte fick någon lösning till problemet med vridningen till produkt 1 gav det inte en väldigt bra förbättring till produktiviteten. Trots allt fick vi ändå en förbättring tack vare programoptimeringen.

Produkt 2:s produktivitetsutveckling var redan påbörjad före jag kom till fabriken, men programmen vi fick gjorda till alla olika versioner av produkten gjorde betydliga skillnader. En observation vi gjorde var att sågstationerna blev effektivare, eftersom styckena som kom till CNC-linjen var längre och därmed blev det färre sågningar. De beklagliga var att vi inte hann köra så länge att jag kunde få någon analys eller tabell på förändringen.

12 Källförteckning

Bellgran, Monica & Säfsten, Kristina. (2005) Produktionsutveckling Utveckling och drift av produktionssystem. Lund: Studentlitteratur

Bergman, Bo & Klefsjö, Bengt. (2001) Kvalitet från behov till användning. Tredje upplagan. Lund: Studentlitteratur.

Hågeryd, Lennart & Björklund, Stefan & Lenner, Matz.(1993) Modern Produktions Teknik Del 1. Första upplagan. Falköping: Liber AB

Hågeryd, Lennart & Björklund, Stefan & Lenner, Matz.(2005) Modern Produktions Teknik Del 2. Andra upplagan. Ungern: Liber AB

Laue, Kurt & Stenger, Helmut. (1976) Extrusion. Andra upplagan. USA: American Society for metals

Mattson, Staffan. (2001) SIS Handbok 12, Aluminium, Utgåva 3, SIS Förlag AB

Womack, James P. & Jones, Daniel T. (2003) Lean thinking Banish waste and create wealth in your corporation. Storbritannien